

가시 광선과 아르곤 레이저에 의해 중합된 글라스 아이오노머와 레진 수복물 주변 법랑질의 항우식 효과에 관한 비교 연구

단국대학교 치과대학 소아치과학 교실

유병규 · 김종수 · 김용기

Abstract

A COMPARATIVE STUDY ON THE ANTICARIOGENECITY OF ENAMEL SURFACE ADJACENT TO GLASS IONOMER AND RESIN RESTORATION POLYMERIZED BY VISIBLE LIGHT AND ARGON LASER

Byung-Kyu Yoo, Jong-Soo Kim, Yong-Kee Kim

Dept. of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook University

The main purpose of this study was to compare the anticariogenicity of glass ionomer restorative material polymerized by argon laser versus visible light.

The results from the present study can be summarized as follows:

1. Under the polarized light microscope, the specimens of laser-cured group showed the shallower lesion body than that of visible-light cured group, both in the stage of lesion initiation and progression.
2. Glass ionomer material cured by visible light showed shallower body of lesion than that of composite resin cured by argon laser at the stage of lesion progression ($p < 0.05$). It was suggested fluoride released from the glass ionomer might have the additive anticariogenic effect.
3. Statistical difference between groups on depth of lesion body was evident after lesion progression ($p < 0.05$). It was suggested that anticariogenic effect by argon laser was more effective at the stage of lesion progression than the lesion initiation.
4. The increment of lesion body during progression was highest in group IV ($p < 0.05$).
5. Based upon the above-mentioned results of this study, it can be concluded that the advantage of anticariogenic effect and short curing time of argon laser in glass ionomer poly-

merization should be considered in children and adolescents whose caries activity is relatively higher.

I. 서 론

소아 환자에서 치아 우식증은 가장 빈발하며 일단 진행이 되면 급속히 진행되는 경우가 많기 때문에 수복 치료보다는 예방적인 면에 많은 연구와 관심이 있어왔다. 그런면에서 불소가 많이 이용되고 있다.

소량의 불소가 우식예방효과를 나타내는 이유에 대해 Clarkson¹⁾, Bruun²⁾ 등은 저광화 범랑질과 범랑질 우식 병소에 대한 불소의 친화력이 불소의 항우식 효과와 관련이 있다는 가설을 입증한 바 있다. 수복 재료중 글라스 아이오노머는 1972³⁾년 Wilson과 Kent가 처음 임상에 소개한 이래 치경부 병소와 유치의 수복, 치면 열구 전색, 보철물의 접착용 등으로 사용되어지고 있다. 글라스 아이오노머가 각광을 받는 이유는 불소가 유리된다고 여러 논문에서 보고되었고 Hallgren⁴⁾ 등은 임상 연구에서, 1984년 Swartz⁵⁾ 등은 실험적 연구에서 글라스 아이오노머 수복후 오랜 기간 불소가 유리된다고 보고하였고 Seppa⁶⁾ 등은 수복후 1년정도까지 불소가 유리된다고 보고하였으며, Retief⁷⁾ 등은 글라스 아이오노머 수복물로부터 어느 정도 떨어진 범랑질과 백악질에 다량의 불소가 흡수된다고 보고한 바 있다.

글라스 아이오노머 주변의 수복재 주위 범랑질에서 초기 우식 형성이 억제되고, 형성된 우식 병소의 깊이가 다른 수복재 변연의 병소보다 얇았으며, 방사선 불투과성 띠가 존재하는 등 뚜렷한 항우식 효과가 나타나는 것을 조직학적 연구를 통해 확인 하였다⁸⁾.

그러나, 이러한 장점에도 수분에 약하다는 단점과 낮은 마모 저항, 불투과성으로 덜 심미적이어서 레진을 대체하지는 못하고 있다.

글라스 아이오노머도 레진과 마찬가지로 광원을 이용한 중합 방법이 이용되어 소아 환자의 치료시 많은 이점이 되어왔다. 적절한 파장과 중합 시간은 가시 광선에 의한 글라스 아이오노머나 복합 레

진의 최적의 중합을 위해 필수적이다. 그러나 이때 방출되는 광선은 전압이나 램프의 상태에 따라 변화가 심하며 백열등이나 반사경의 기능저하, 광섬유의 파괴 등으로 광원에서 나오는 가시 광선의 파장이나 광도는 감소될 수 있다. 또한 와동의 크기와 위치, 복합 레진의 두께, 색깔 등에 의해서도 깊은 부위에 도달하는 가시광선의 파장은 감소될 수 있다. 수복 물질의 물리적 성질을 향상시키고 보다 완벽한 중합을 위해서 얇은 두께로 여러 번 충전하는 방법이 추천되지만 중합시간이 오래 걸린다는 단점이 있다⁹⁾. 그러한 단점의 보완을 위해 가시 광선과 파장이 비슷한 아르곤 레이저로 중합하는 방법이 알려져 있다.

아르곤 레이저는 1962년 Bennett에 의해 개발되었고 488nm 와 514.5nm의 가시광선 파장을 방출하며, Silica-quartz섬유를 사용하여 시술 부위로의 근접이 용이하여 특히 안과, 피부과 등에서 사용되고 있다. 치의학 분야에서는 구강점막이나 치은 조직의 절단, 소대 절제술, 연조직 질환의 치료 등을 비롯하여 복합 레진 등의 광중합이나 치아 우식증의 예방과 치료에 이용되고 있다. 아르곤 레이저가 갖는 가장 큰 장점은 레진의 경우 기존의 가시광선의 1/4에 불과한 중합 시간만으로도 중합 효과를 나타내며 두께에 많은 구애를 받지 않아 임상에서도 시간 단축과 이로 인한 수분 접촉 가능성의 감소로 인해 상당한 이점으로 받아들여진다.

기존의 논문에서는 광중합형 레진과 치면 열구 전색제에 대한 아르곤 레이저 중합에 관한 연구에 비해 광중합형 글라스 아이오노머에 대한 아르곤 레이저에 의한 연구는 미흡하였다.

본 실험에서는 영구치를 대상으로 광중합형 레진과 글라스 아이오노머를 아르곤 레이저 및 가시 광선으로 중합하여 재료 및 광원간의 항우식 효과를 비교하기 위해 광조사된 수복물 주변 범랑질을 인공 우식을 유발시킨 후 물에 침윤 시켜 편광 현미경하에서 우식 병소의 형태와 깊이 측정 등의 조직학적 관찰을 통해 우식 저항도를 비교 평가한

결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상 및 재료

1) 실험 대상 치아

최근에 발거하여 0.1% Thymol 용액에 보관된 제 3대구치 중에서 협설면에 우식이나 결손 부위가 없는 총 30개의 치아를 대상으로 대상을 선정하였다.

2) 실험 재료

글라스 아이오노머(FUJI II LC, FUJI, Japan)와 복합 레진(Z-100, 3M, USA), 광중합기(Visilux, 3M, USA), 그리고 아르곤 레이저(Dental 200, HGM, USA)를 실험 재료로 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 대상 치아의 준비

(1) 법랑질 세마

치관과 치근에 잔류된 조직을 스케일러로 제거하고, 불소가 포함되지 않은 퍼미스로 치면 세마를 시행한 후 증류수로 세척 건조하고 2% 차아 염소산 나트륨에 24시간 동안 보관하여 표면에 부착된 유기물을 제거하였다. 그 후 5분간 세척을 시행하여 증류수에 보관하였다.

(2) 치관 절단 및 분류

총 30개의 치아들을 Ventilated disc로 절단하여 치근을 분리해 낸 다음, 치관부를 협측 치관과 설측 치관으로 이등분하였다. 각 군은 표와 같다(Table 1). 치아간의 변이를 최소화하기 위하여 동일 치아에서 협측 치관부 설측 치관부는 같은 충전 재료를 사용하였다.

2) 와동 형성

치관의 협측과 설측면에 4×2×2mm 크기의 5급 와동을 #330 carbide bur를 사용하여 형성하였다.

Table 1. Sample grouping and regimens of glass ionomer and composite resin curing

Group	Material	Curing source
I	FUJI II LC	Argon laser
II	FUJI II LC	Visible light
III	Z-100	Argon laser
IV	Z-100	Visible light

3) 글라스 아이오노머와 복합 레진의 접착과 중합
4×2mm의 접착 테이프를 와동을 중심으로 적합 시킨 후 1군에는 형성된 와동에 통법에 따라 상아질 처리제로 처리하고 글라스 아이오노머 충전 후 아르곤 레이저로 10초간 중합하였고 2군은 1군과 같이 처리, 충전후 20초간 광중합하였다. 3군은 통법에 따라 산부식, 상아질 처리제, 접착제 도포 후 아르곤 레이저로 0.6W의 강도로 5초간 조사하였고 레진 충전후 아르곤 레이저를 10초간 조사하였으며 4군은 3군과 같은 처리후 접착제를 10초간 광중합 하였으며 레진 충전후 40초간 광중합하였다.

4) 내산성 네일 바니쉬 도포

6×4mm의 접착 테이프를 와동을 중심으로 적합 시킨 후 그 외의 모든 부위는 모두 내산성 네일 바니쉬를 균일하게 3회 반복 도포 하였고 바니쉬가 완전히 건조된 후 부착시킨 접착 테이프를 떼어내어 각 와동 주위에 균일하게 1mm씩 법랑질이 노출되게 하였다.

5) 1차 인공 우식 유발과 조직 분석용 치아 박편 제작

각각의 치아 절편을 우식 유발 용액 5ml가 담긴 시험관에 담고 parafilm으로 밀봉하여 37°C로 고정된 항온기에 넣고 5일간 보관하여 초기 우식 병소를 유발 시켰다. 인공 우식 용액은 0.1M 유산에 6wt% hydroxyethyl cellulose(HEC, Aldrich Chem. Co.)를 첨가하고 pH를 4.0으로 조정하여 제조하였다. 우식이 유발된 각 표본들(협측, 설측)을 꺼내어 흐르는 물로 세척한 다음 다시 증류수로 세척 건조하였다.

이 절편들을 창이 절단축에 수직이 되도록 아크릴 판에 글루(glue)로 접착 시킨 다음 경조직 절삭기(ISOMET, USA)로 이등분하였다.

이등분된 절편중 한 부분은 초기 우식을 편광 현미경하에서 관찰하기 위해 경조직 절삭기를 사용하여 약 700µm 두께로 절단하였으며 제작된 절편을 증류수로 세척, 건조한 후 각각 슬라이드 글라스에 이폰(Epon)으로 접착시킨 다음 관찰면을 1000, 2000, 3000, 4000 grit의 실리콘 카바이드 종이로 활택하여 현미경 관찰용 표본을 완성하였다.

6) 2차 인공 우식 유발과 조직 분석용 치아 박편 제작

초기 우식 관찰용 박편 제작을 위한 절편을 제

작한 다음 나머지는 진행 우식 관찰을 위해 절단면에 내산성 네일 바니쉬를 도포후 7일간 인공 우식 용액에 재침윤 시킨 다음 꺼내어 1차 우식 관찰용 표면 인접면을 경조직 절삭기를 이용하여 절단하여 박편을 얻었다. 초기 우식 관찰 표본과 동일한 방법으로 조직 분석용 박편을 제작하여 우식 진행과정에 미치는 레이저의 효과 관찰에 이용되었다. 1, 2차 인공 우식이 유발된 총 120개의 박편을 대상으로 Table 1과 같이 분류하였다.

7) 편광 현미경 관찰

완성된 표본을 물에 침윤하여 편광 현미경 (Labophot-Pol, Japan) 하에서 100배의 배율로 관찰하였으며 현미경에 부착된 미세자(micrometer)를

이용하여 우식 병소의 양상과 깊이를 비교, 측정하였다. 교합면과 치경연에서 각각 3개의 점을 설정하여 병소 깊이를 측정한 후 최대값과 최소값을 제외한 4개의 수치를 평균을 대표값으로 선정하였다.

8) 통계 분석

각 군의 정규 분포를 확인하고 일차원 공분산 분석에서 유의차가 있음을 확인하고 다중 비교 분석을 시행하였다.

Ⅲ. 연구 성적

총 120개의 치아 절편을 대상으로 인공 우식 병소 깊이를 측정하여 산출한 각 군의 초기 우식과 우

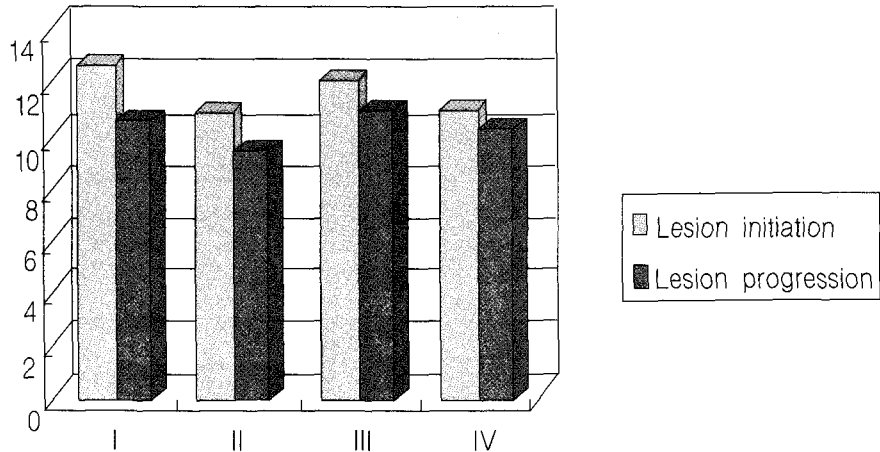


Fig.1. Bar graph representing the mean depth of surface zone in each group(lesion initiation and progression)

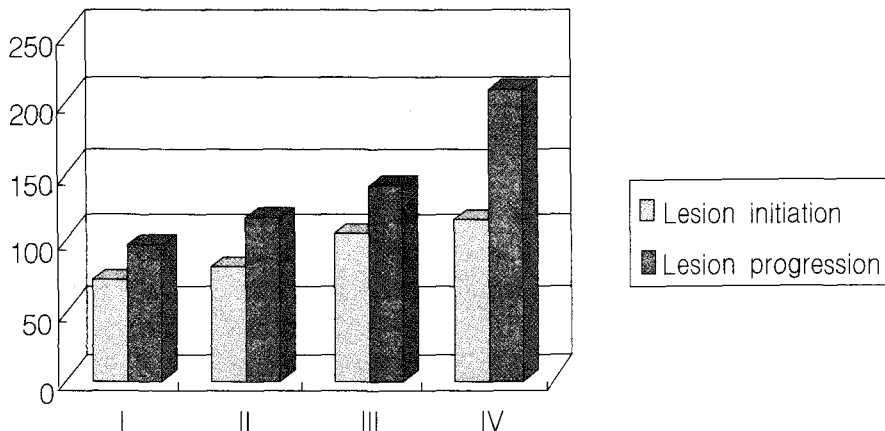


Fig. 2. Bar graph representing the mean depth of lesion body in each group(lesion initiation and progression)

Table 2. Mean depth of surface zone measured in each group with standard deviation(M±S.D.µm)

	I	II	III	IV
Lesion initiation	12,58±2,31	10,77±1,70	11,88±2,92	10,77±2,25
Lesion progression	10,57±1,74	9,35±1,54	10,74±2,37	10,08±1,88

Table 3. Mean depth of lesion body measured in each group with standard deviation(M±S.D.µm)

	I	II	III	IV
Lesion initiation	68,10±8,71	78,30±8,79	100,17±9,82	109,80±12,44
Lesion progression	95,18±16,84	112,39±14,36	136,95±14,66	205,69±18,90

Table 4. Increment in depth of body of lesion observed in each group(M±S.D.µm,%)

	I	II	III	IV
Delta (µm)	27,08±17,06	34,09±14,94	36,77±19,43	95,89±24,02
Delta (%)	41,31±27,77	44,94±22,77	38,25±22,84	90,00±31,37

Table 5. Statistical comparison between groups on depth of lesion body after lesion initiation

	I	II	III	IV
I	-			
II	*	-		
III	*	*	-	
IV	*	*	*	-

*: Sheffe's Multiple range test: p<0,05

Table 6. Statistical comparison between groups on depth of lesion body after lesion progression

	I	II	III	IV
I	-			
II	*	-		
III	*	*	-	
IV	*	*	*	-

*: Sheffe's Multiple range test: p<0,05

식 진행시의 표층과 병소 본체에 대한 각각의 평균 병소 깊이와 표준 편차는 Table 2와 3에 나타나 있으며 Fig 1, 2는 이를 그래프로 나타낸 것이다. 레이저 조사군인 I군과 III군에 비해 가시 광선군인 II군과 IV에서 깊은 우식 병소 본체와 얇은 표층을 관찰할 수 있었다.

Table 7. Statistical comparison between groups on the increment of lesion body during progression

	I	II	III	IV
I	-			
II	*	-		
III	*	*	-	
IV	*	*	*	-

*: Sheffe's Multiple range test: p<0,05

재료간의 차이를 비교해 보면 I, II군에 비해 III, IV군에서 건전 표층의 깊이는 감소한 반면 우식 병소 깊이는 증가함을 관찰할 수 있었다.

통계 결과는 초기 우식과 우식 진행 후 병소 깊이를 측정된 결과 건전 표층은 각군 모두 초기 보다 진행에서 건전 표층 깊이 감소를 보였으며 통계 처리 결과 유의차는 없었다(p>.05).

초기 후 병소 깊이 측정에서 각 군간 깊이의 차이를 보였는데 이를 통계 처리한 결과(Table 7) I군이 III, IV군에, II군도 III, IV군에 대해 통계학적 유의차를 보였다(p<.05). 우식 진행 후의 통계처리 결과(Table 8) 각 군간에서 유의성 있는 차이를 보였다(p<.05).

Table 4는 각군에서 우식 초기와 진행시의 우식 병소 본체의 증가치의 평균과 표준 편차를 나타낸

표이며 이를 통계 처리한 결과(Table 9) I, II, III 군 모두 IV군과 유의성 있는 차이를 보였다. 반면 전진 표층은 감소 양상을 보였으나 통계학적 유의차는 없었다($p>.05$).

2. 우식 병소의 편광 현미경 소견

인위적으로 유발시킨 법랑질 우식 병소를 물에 침윤 시켜 편광 현미경으로 관찰해 본 결과 모든 병소에서 음성 복굴절을 나타내는 표층과 양성 복굴절을 나타내는 병소 본체가 관찰되었다. 각 군간의 우식 병소 양상을 비교해본 결과 각 군간 병소 깊이의 차이를 나타냈으며 그 외의 뚜렷한 특징은 발견할 수 없었다(Fig. 3-10).

IV. 총괄 및 고안

레이저는 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 약성어로서 레이저 광선은 모든 광선입자들이 동일 파장을 갖는 단색성이며 모든 광자들이 동상위에 있는 간섭성이 있으며 광선이 작은 조직에 초점을 맞출 수 있는 시준성을 갖고 있다. 또한 활성 매체에 따라 탄산 가스, 아르곤, He-Ne같은 기체 레이저와 루비, Nd-YAG같은 고체 레이저, 액체 레이저 그리고 반도체 레이저 등으로 분류할 수 있다¹⁰⁾.

기존의 텅스텐-할로젠등이나 백열등에서 나오는 가시 광선이 여러 파장의 색깔을 내며 조사되면 여러 방향으로 분산되는데 반해, 단색으로 나오며 고도의 규칙적인 에너지를 가지는 동시에 작은 크기의 빔을 만들 수 있는 아르곤 레이저는 광원에 의해 중합되는 수복 재료에 조절된 에너지를 전달하여 보다 효과적으로 광중합 시킬 수 있다는 연구가 여러 문헌에서 나타났다^{11,12)}.

레진의 수복치아에 대한 결합 기전은 기계적인 결합인 반면 유리 아이오노머의 법랑질에 대한 결합은 거의 전적으로 이온과 자기력에 의해 이루어지는 반면, 상아질과의 결합은 보다 복잡하고 동적인 반응에 의해 발생하는 것으로 이에 대한 기전을 정확히 분석하기란 어려운 것으로 알려져 있다³⁾. 임상적으로 유지력 증가를 위한 형태를 별도로 부가하지 않아도 되는 유리한 조건을 제공하며 5급 와동이나 침식면의 수복에 주로 사용되어왔다.

그러나 그들의 심미성이나 기계적인 물성등에 대한 문제점은 끊임없이 지적 되어왔다. 특히 초기 경화중인 유리 아이오노머가 물이나 공기에 노출이 되면 물성이 현저히 감소하는 것으로 알려져 있으며 따라서 수복물의 예후에 심각한 영향을 주게 되므로 이것이 임상에서 유리 아이오노머의 사용을 제한시키는 주된 이유가 되기도 하였다. 그러나 최근 레진을 첨가하여 조성을 변화시킨 레진화 아이오노머가 등장함으로써 그러한 문제점의 많은 부분을 보완하게 되었고 결과적으로 폭넓은 임상 적용이 다시 가능하게 되었다. 이들 재료를 혼합하면 유리 아이오노머 제재의 기본적 경화 반응인 산-염기간의 반응이 시작되어 아주 천천히 진행되고 이와 더불어 광선에 의한 중합반응 체계에 의해 경화가 촉진되는 이중 중합의 특성을 나타낸다.

본 실험에서는 치아 표본 관찰 결과 내산성 네일 바니쉬 도포 부위 외에도 우식 진행이 제한된 부위가 관찰이 되었는데 이는 유리 아이오노머의 초기 경화시 수분 접촉을 막고 경화 후 탈수를 막기 위하여 접착제(bonding agent)를 표면 보호제로 사용을 하였는데 이 자체가 인공 우식 용액의 침투를 막았기 때문으로 생각된다.

Nelson등¹⁴⁾은 경화하는 동안의 수분과의 접촉은 재료의 표층의 질에 치명적이라고 하였고 특히 반응하는 동안의 수분의 양은 아주 중요하다고 강조하였다. 수분의 양이 과다하면 칼슘, 알루미늄, 염소 이온이 반응부위에서 유리되어 없어지는 반면, 반응부위에서 수분이 증발하게 되면 양이온과 음이온들이 자유롭게 움직이고 상호 작용할 수 있는 능력을 상실하게된다. 그러므로 임상적으로 와동내 벽은 습기가 남아있도록 하여 상아세관으로부터의 수분의 소실을 감소하고 온도 과민반응을 줄여 주도록 추천되고있다. 광중합형 레진화 유리 아이오노머는 수성 시멘트이므로 지속적인 수분의 공급이 있어야한다. 그러므로 구강건조증 환자나 불소국소도포를 매일 받는 환자에게는 금기로 알려져 있다. 따라서 이런 환자의 경우에 유리 아이오노머 수복을 시행할 때에는 레진 적층에 의한 피복을 추가적으로 시행하도록 권장하고 있다¹⁵⁾.

유리 아이오노머 제재의 또 다른 장점은 불소를 유리 할 수 있다는 점이다. 불소는 1940년초 국소도포법이 임상에 도입된 이래 현재까지 다양한 방

법으로 치아 우식의 예방에 이용되어 왔고 법랑질의 산용해도 감소효과, 세균의 생성과 부착 및 산생성억제 효과를 지니며 치태에 침착되어 재석회화 과정을 촉진하는 것으로 알려져 있는데 용액 내로 유리된 불소는 치아 및 주위 조직 내로 침투되어 인접 치질의 산에 대한 용해도를 감소시키고 이차 우식 형성을 차단하는 효과를 기대할 수 있다. Lennart 등¹⁶⁾은 미량의 불소라도 탈회 용액 내에 존재하면 법랑질 용해 속도를 감소시킨다고 보고하였고, 법랑질 병소로부터의 광물질 소실 또한 줄여 준다는 사실은 이미 선학들에 의해 입증된 바 있다¹⁷⁾. 그러나 이차 우식을 예방할 수 있는 최소의 불소 유리량은 아직 밝혀지지 않고 있다. 이러한 불소유리 능력이 표면보호재의 도포로 인하여 어떠한 영향을 받지는 않는지에 대한 연구가 보고된 바 있다.

성인에 비해 유구치의 인접 면에 우식증이 빈발하고 수복후에도 구강관리가 소홀하여 수복물 주변에 이차 우식이 자주 발생하는 소아환자에게 있어서 불소를 유리하는 유리 아이오노머는 무척 매력적인 재료이다. 많은 글라스 아이오노머 제품간에 다소 양적인 차이는 있으나 수복물로부터 유리되어 나온 저 농도의 불소는 수복물 주변과 인접 치아의 법랑질에 흡수되어 이차적으로 발생하는 우식을 예방하고 또는 기존의 초기 우식병소를 재광화한다는 사실은 이미 충분히 인정되고 있다. 또한 복합레진에 비해 비교적 단순한 과정을 거치므로 시술시간을 줄일 수 있다는 임상적인 장점이 있다. 시술시간 길어질수록 아무리 치료를 잘 받는 소아환자도 그 협조도는 점점 낮아진다. 또 행동양태가 아주 좋지 않은 소아환자를 상대로 치료할 때 과정이 단순할수록 양질의 작품을 만들 수 있으므로 다소 만족스럽지 못한 상태에서도 잘 견디주는 재료가 이런 경우에 특히 필요하다. 이런 측면에서 소아치과 임상영역에서 유리 아이오노머의 보다 폭 넓은 적용이 권장된다고 하겠다. 본 실험에서도 글라스 아이오노머-가시 광선 중합군(Ⅱ)이 레진-레이저 중합군(Ⅲ) 보다 유의하게 낮은 병소 깊이를 보였는데 이는 글라스 아이오노머 재료 자체의 불소 유리에 의한 항우식 효과 때문인 것으로 추정된다. 특히 1군에서 더욱 두드러진 우식 효과를 보인 것은 레이저 조사후 불소를 적용한 군

에서 가장 큰 내산성을 보인다는 논문¹⁸⁾에서 보듯이 레이저에 의한 중합후 글라스 아이오노머에서 유리되는 불소에 의한 상승 작용으로 보인다.

camphoroquinone initiator가 첨가된 광중합 복합 레진은 가시 광선의 파란색 특히 480nm의 파장에 매우 민감하므로 정확한 파장과 적절한 중합 시간은 복합 레진의 최적의 중합을 위해 필수적이다. 가시 광선의 여러 문제로 인한 복합 레진의 불안정한 중합은 수복 재료의 탈락, 미반응 단량체의 치수 자극이나 연조직의 과민 반응¹⁹⁾, 물성 감소, 변색²⁰⁾등의 문제를 야기한다. 이처럼 미반응 단량체는 레진의 물리적 성질에 많은 영향을 주기 때문에 이를 줄이기 위한 노력을 해왔다.

광전자학의 발달과 함께 개발된 여러 종류의 레이저는 임상의학 분야와 치의학 분야에서 그 응용 기술이 실용화되어 치료 분야가 확대되고 있다. 치의학 분야에서는 1964년 Goldman²¹⁾ 등에 의해 처음으로 레이저 조사에 의한 우식병소 제거의 가능성을 보고한 이래 Featherstone²²⁾등도 루비 레이저를 이용하여 치아의 와동 형성에 관해 보고한 바 있고 그 후 여러 학자들에 의해 레이저를 이용한 치아의 와동 형성에 관한 연구가 보고되었다.

초기에는 레이저를 치아우식증 제거를 위한 와동 형성에 사용하려 했으나 최근의 관심은 와동 형성보다는 레이저의 조사에 의한 치아 우식 예방 분야와 초기 우식증의 치료 분야이다.

치아 경조직에 대한 레이저의 효과로는 치아 우식증의 예방과 치료, 치근의 폐쇄, 광중합형 치과 재료의 중합을 들 수 있다.

그 중 아르곤 레이저는 기체 레이저로서 FDA에서 경조직 사용에 승인을 받았으며 광섬유를 통해 시술 부위로 전달이 된다. 적색에 가장 흡수가 잘되어 적혈구등에 잘 흡수되지만 구강내 시술 부위에 인접한 상아질이나 법랑질등의 경조직에 대한 흡수는 매우 낮고 특히 레이저를 시술하는 동안 치아에 대한 위해 작용이 작은 특징을 지니고 있으며 절단, 기화, 응고, 지혈 효과가 있고 접촉, 비접촉 방식으로 이용된다.

아르곤 가스가 들어있는 optical cavity에 높은 전압을 걸어 줌으로써 발생하는 아르곤 레이저는 광섬유를 이용하여 시술 부위로 전달되며 초점 크기는 0.1~4.0mm까지 조절할 수 있다²³⁾. 실험 과정에

서 4×2mm의 수복물을 중합시키기 위해 초점을 증가시켰는데 이 때 아르곤 레이저 광선이 퍼지면서 강도가 약해지는 듯하여 중합 여부 확인을 위해 중합 수복물을 끊어 중합 여부를 판단한 후 다음 과정을 진행했다. 그렇지만 초점 크기에 따른 광선의 중합 효과 변화 여부에 대한 실험이 필요할 것으로 생각된다.

488nm(blue), 514.5nm(green) 파장의 가시 광선을 방출하는 아르곤 레이저의 광중합의 사용은 Wigdor²⁴⁾가 50mW, 488nm의 아르곤 레이저로 중합한 군과 485nm의 arc lamp 가시광선으로 중합한 군간의 중합 깊이를 비교한 결과 큰 차이가 없다고 보고하였다. 그러나 이²⁵⁾등에 의하면 중합 시간에 따른 미세 경도 측정시 글라스 아이오노머는 10초 이내 조사시 가시 광선군과 아르곤 레이저 조사군간의 미세 경도치에서 유의성 있는 차이를 보였고 레진은 30초 이내에서 두 군간에 유의성 있는 차이를 보인다고 보고하였다. 그러므로 본 실험에서는 글라스 아이오노머와 레진을 10초간 중합하였다.

1964년 stern²⁶⁾등은 레이저 조사에 의한 치질의 내산성 증가를 관찰한 이후로 국내에서도 김과 이²⁷⁾등이 정상 법랑질과 우식 법랑질에서 탄산가스 레이저 조사에 의한 내산성 증가를 보고하였으며 민과 손²⁸⁾은 법랑질에서 정상 펄스형 Nd-Yag 레이저 조사에 의한 치질의 내산성 증가를 보고한 바 있다.

1993년 Hicks²⁹⁾등에 의하면 아르곤 레이저로 조사한 치면 열구 전색제는 법랑질-레진 경계면을 만들어 법랑질의 산저항성을 높여 우식의 초기나 진행 모두에서 유의성 있게 우식 병소 깊이가 감소한다고 하였다. 감소 기전으로는 첫째로 레이저에 의한 법랑질의 성분 변화, 법랑질내의 탄소의 감소로 산에 대한 용해도 감소, 물, 산소등의 감소로 법랑질내 격자 기질의 감소, 둘째는 불소, 인, 칼슘 등에 대한 친밀성 증가, 셋째는 법랑질내 미세 공간(microspace) 형성하여 유리되는 이온을 법랑질 내에 재부착시키는 역할, 넷째는 레이저에 의한 급속한 법랑질의 용융으로 산의 저항성 증가, 마지막으로 치태내의 멸균 효과 등으로 추측하였다. 또 다른 연구에서 그는 아르곤 레이저 조사시 초기와 진행의 병소의 깊이는 유의성 있게 감소했는데 그 이유는 알려져있지 않으나 레이저 조사된

법랑질은 탈회기간동안 유리되는 무기질상(mineral phase)를 다시 잠기 때문일 것이라고 추측하였다. 아르곤 레이저의 우식 예방 효과는 FDA에 의해 승인된 광중합 물질의 중합 수준에서 나타나며 법랑질과 상아질 사이를 따라 형성되는 이차 우식을 예방, 감소시킬 수 있고 레이저 조사 법랑질 주변의 초기 우식을 예방할 수 있다³⁰⁾.

Westerman³¹⁾ Morioka³²⁾등에 의하면 법랑질의 용해도의 유의성 있는 감소와 인공 우식 용액에서의 탈회에 대한 저항성은 10-70J/cm²의 에너지 수준의 탄산 가스 레이저와 아르곤 레이저에서 나타난다고 하였다. Yamamoto and Sato³³⁾는 표면 하부의 탈회 속도의 감소는 투과성의 감소라 추측된다. Goodman등에 의하면 불화 나트륨과 섞은 법랑질 분말에 레이저 조사시 결정의 크기가 증가하고 불소의 흡수가 두드러지게 증가했다고 보고하였다. Sato³³⁾등은 양성 복굴절로 인해 저항성을 가지게 된다고 하였다. Nelson³⁴⁾등은 용융된 법랑질 내에서 용해성의 tetracalcium diphosphate monoxide와 감소된 탄소 구조를 가진 인회석 상을 발견하였다.

본 실험의 결과에서도 보듯이 글라스 아이오노머군의 레이저 조사시 가시 광선 중합군에 비해 항우식 효과가 우식 진행시의 병소 본체에서는 통계학적 유의차가 있는 것으로 나타나 있으나 명확한 기전을 알기에는 어려움이 있었다. 그러나 레진군에서 우식 진행시 병소 본체는 레이저 조사군이 가시 광선군에 비해 증가는 했지만 통계학적 유의차는 없었다. 이로 미루어 볼 때 레이저 조사에 의한 항우식 효과는 글라스 아이오노머에 의해 유리되는 불소에 의한 것보다 항우식 효과면에서 유리한 것으로 생각된다.

microfilled resin의 레이저와 가시광선 조사의 중합을 비교하니 레이저군에서 유의성이 크게 좋은 중합력을 보였고 small particle resin에서는 중합정도가 비슷하거나 레이저 조사군이 조금 나았고 유의성은 없었다. 광중합에 영향을 미치는 것은 수복물의 두께, 광원, 노출 시간, 색상, 삭제 면적, 수복물질의 광 전달정도에 따라 차이가 난다. 특히 수복 깊이가 깊어 깊은 면의 레진이 중합이 안되면 신경에도 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 청색-녹색 스펙트럼에서 아르곤 레이저의 단색성 파장 길이는 치아 수복 재료의 중합에 이상적으로 적합하

다. 두 군에서 차이가 나는 것은 비교적 다른 각 물질간의 레진 구성물 때문으로 보인다.³⁵⁾

그러므로 같은 가시광선 중합을 이용하는 글라스 아이오노머도 청색-녹색 스펙트럼의 아르곤 레이저로 중합을 하면 시간 단축을 기대할 수 있는데 Blankenau 등^{12,39)}에 의하면 아르곤 레이저로 광중합 글라스 아이오노머를 중합하면 33%의 중합 시간을 감소시킬 수 있다고 보고하였다.

Kelsey³⁶⁾ 등에 의하면 재료에 따라 레진의 중합 시간과 광원의 강도에 많은 차이를 보이며 특히 광원의 강도에서 큰 변이를 보인다고 하였는데 이는 재료의 광 간섭과 산란의 차이 때문이라고 설명하였다. 그러므로 레이저 조사시 장점은 와동의 깊이에 많은 영향을 받지 않고 중합 시간을 단축시켜 건조 상태를 적은 시간 유지해도 충전을 끝낼 수 있는 장점이 있다고 하였다.

또 전¹¹⁾ 등에 의한 가시광선군과 레이저 조사군 간의 물성 비교 평가시 유의차가 없다고 보고하여 레이저 사용에 긍정적인 의견을 제시하기도 하였다.

레이저 사용할 때 가장 우려되는 점은 치수와 근접한 상태에서 대부분의 수복 작용이 이루어지므로 발열반응에 의한 치수의 손상은 없는지가 우려되었는데 Blankenau³⁷⁾의 실험에서 아르곤 레이저로 통상적으로 사용되는 10초를 중합을 위해 조사하였을 때 치아 주위 각화 점막 주위에 영구적인 손상은 없었다며 레이저 수복에 대해 긍정적인 의견을 내놓았다. 또한 연조직에 대한 실험에서는 10초동안의 임상적 노출은 치아에 인접한 조직에 해가 없다고 했으며, 조사후 반사된 레이저를 측정 한 Slincy³⁸⁾는 광선 때문에 술자가 불편하기는 하지만 그 수치는 기준치 이하라고 하였다.

본 연구는 아르곤 레이저의 항우식효과를 우식 병소 깊이 감소의 측면에서 평가하기 위해 기존의 가시광선을 대조군으로 하여 편광 현미경 관찰로 비교 분석하였으며 글라스 아이오노머를 주 실험군으로 관찰하였고 레진은 글라스 아이오노머의 항우식 효과와 비교하기 위해 실험하였다.

치아 우식 예방에 대한 관심이 증대되면서 초기 법랑질 우식의 발생 기전이나 재석회화에 관한 많은 연구들이 이루어져 왔고 이를 위하여 자연 병소와 유사하며 재현성이 높은 인공 우식 병소를 유

발시키기 위한 여러 방법들이 고안되었다. 산 완충 시스템(lactate buffer)를 사용한 방법이 소개되었으나^{39,40)} 이는 건전 표층 법랑질의 형성에 어려움이 있다고⁴¹⁾ 보고되어 여기에 칼슘, 인, 이온 또는 MPDP(methane hydroxy diphosphate)와 같은 표면 보존 화합물을 첨가하여 자연 병소와 유사한 초기 법랑질 우식 병소를 재현하는 방법이 고안되었다. 또한 젯산 완충내에 hydroxyethyl cellulose⁴²⁾나 methylcellulose등을 첨가하는 산성 겔 시스템이 개발되어 인공 우식 병소 유발에 널리 사용되었는데 특히 hydroxycellulose system은 비교적 건전한 표층과 탈회가 심하게 진행되는 표층 하부 병소로 구성되는 법랑질 초기 우식 병소 재현이 용의하고 표층 법랑질의 광물질과 두께가 자연 병소와 유사하며, 법랑질 외형에 평행하고 거의 균일한 깊이를 가진 병소를 유발시키므로 동일조건하에서의 재현성이 상당히 높다⁴³⁾는 장점들이 보고되고 있다. 본 실험에서도 초기 우식 병소 재현이 용이한 hydroxycellulose system를 이용하였는데 젯산은 완충 역할을 하며, hydroxyethyl cellulose는 건전한 표층을 만들 수 있는 표면 보호제의 목적으로 첨가된다. 인공 우식 용액의 제작시 hydroxyethyl cellulose 분말의 입자가 커서 용액에 혼합시 덩어리가 지고, 점도가 증가하면서 회전 자석(stirring magnet)이 원활이 돌지 않아 어려움이 있었다. 그러므로 점도가 증가되지 않으면서 우식 병소 재현성이 우수한 Carbopoi이 표면 보호제로 들어간 합성 중합체 겔⁴⁴⁾의 사용도 고려할 만하다. 임상적으로 백반상을 보이는 초기 법랑질 우식 병소는 특징적으로 비교적 건전한 표층과 많은 탈회가 진행되고 있는 표층하부로 구성되어 있다.

우식 억제 효과에 관한 연구는 우식 법랑질의 용해에 의한 광물질 소실의 화학적 분석법, 미세 방사선이나 편광 현미경을 이용하여 병소의 깊이와 양상을 관찰하는 방법, 그리고 표층의 미세 경도를 측정하는 방법 등이 다양하게 시행되어 왔다⁴⁵⁾. 편광 현미경을 통하여 법랑질 우식 병소를 관찰해 보면 Silverstone⁴⁶⁾이 분류한 4개의 특징적인 층을 볼 수 있는데 침윤은 매개에 따라 물에 침윤한 경우는 표층과 병소 본체를 quinoline에 침윤한 경우에는 암층과 투명층을 관찰할 수 있다. 이는 치아보다 굴절률이 작은 물에 침윤시켜 관찰하면 탈회

가 발생한 부분에선 세공에 매개가 침윤되어 빛이 분산되기 때문에 양성 복굴절을 보이며 탈회가 없는 부위는 음성의 복굴절을 나타나게 되므로 다량의 탈회가 진행되는 병소 본체는 양성 복굴절을 가진 법랑질과 유사한 표층은 음성 복굴절을 나타나기 때문이다.

우식을 유발시킨 후 물에 침윤된 상태에서 편광 현미경 관찰을 시행하였고 뚜렷한 표층과 하부 병소 본체 양상을 확인할 수 있었다.

그러나 표본 분석시 동일군 동일 치아의 초기 우식과 우식 진행 표본을 편광 현미경 관찰시 우식의 진행에는 문제가 없었으나 우식 양상과 진행 정도에서 일관성이 없어 치아 개개에 대한 초기와 진행 표본간의 우식 비교가 어려웠다. 이유는 초기 우식 시킨 후 치아를 절단하여 절반은 이차 우식을 위해 인공 우식 용액에 재침윤시키게 되는데 이때 절단면에 내산성 네일 바니쉬를 바른다. 우식 진행 후 절편을 만들기 위해 경조직 절삭기로 내산성 네일 바니쉬가 도포된 절단면을 제거하는데 이런 이유로 초기 우식과 우식 진행 군간의 연속성이 없어지는 것으로 보인다. 그러므로 초기 우식 관찰후 그 절편을 재침윤 시켜 관찰하면 연속적인 관찰이 가능하다고 보이나 여건이 어려우므로 이에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 또 편광 현미경으로 관찰시 기대했던 갈색 계통의 색깔을 보이는 표본이 적었는데 그 이유로는 연마후에도 표본의 두께가 두꺼워 빛의 산란에 영향을 미친 것으로 생각된다. 그리고 연마에 대한 경험적이어 노력만큼의 깨끗한 표본을 얻기가 어려웠다.

V. 결 론

본 연구에서는 아르곤 레이저의 항우식 효과를 평가하기 위해 기존의 가시 광선을 대조군으로 하여 우식 병소 깊이를 편광 현미경 관찰을 통하여 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 글라스 아이오노머-가시광선 중합 군(II)이 레진-레이저 군(III)보다 유의하게 낮은 병소 깊이를 보인 것은 글라스 아이오노머 재료자체의 불소 유리에 의한 항우식 효과 때문인 것으로 추정된다($p < 0.05$).

2. 우식의 초기 단계에서는 I 군과 III IV군, II군과 III IV군간에서만 유의차가 나타났으나 우식 진행 후에는 모든 군간에서 유의차를 보이기 시작하였으므로, 아르곤 레이저 조사에 의한 항우식 효과가 병소 발생의 초기단계 보다는 진행 단계에 더욱 영향을 주는 것으로 분석되었다 ($p < 0.05$).
3. 우식 진행에 따른 병소 깊이의 증가율이 I, II, III 군에 비해 IV 군에서 유의하게 높았던 결과는 글라스 아이오노머 재료와 레이저 조사의 항우식 효과에 기인한 것으로 평가된다($p < 0.05$)

이상과 같이 아르곤 레이저에 의한 글라스 아이오노머 중합이 뚜렷한 항우식 효과를 나타내는 외에도 중합 시간을 크게 단축시킬 수 있는 장점이 있으므로 우식 활성도가 높고 행동조절에 어려움을 겪는 소아 환자에게 특히 효과적일 것으로 사료되었다.

참고문헌

1. Clarkson BH, Wei SHY: Topical fluoride therapy, in *pediatric Dentistry: Scientific foundations and Clinical Practice*. 1981; CV Mosby Co. 747-759.
2. Bruun G, Thylstrup A, Uribe E: Loosely bound fluoride extracted from natural carious lesions after topical application of APF in vitro. *Caries Res* 1983; 17: 458-460.
3. Wilson, A.D. and Kent, B.E.: A new translucent cement for dentistry: the glass ionomer cement. *Br. Dent. J.* 1972; 132: 133-135.
4. Hallgren, A. and Oliveby, A.: Salivary fluoride concentrations in children with glass ionomer cemented orthodontic appliances. *Caries Res*. 1990; 24: 239-241.
5. Swartz, M.L., Philips R.W., Clark, H.E.: Long term fluoride release from glass ionomer cements. *J. Dent. res.* 1984; 63: 158-160.
6. Seppa, L., Salmentivi, S., Forss, H.: Enamel and plaque fluoride following glass ionomer application in vivo. *Caries Res*. 1992; 26: 340-344.

7. Retief, D.H., Bradley, E.L., Denton, J.C.: Enamel and cementum fluoride uptake from a glass ionomer cement. *Caries Res.* 1884; 18:250-257.
8. Ingram, G.S., Silverstone, L.M.: A chemical and histological study of artificial caries in human dental enamel in vitro. *Caries Res.* 1981;15:393-405.
9. A.J. Feilzer., Anton J.D., C.L. Davidson: Curing contraction of composites and glass ionomer cements *J of prosthodontic dent.* 1988;59:297-300.
10. Kutsch, V.K. and Pick, R.M.: Surgical technique. *Laser in dentistry*, Chapter 8.
11. Wheeland, R.G.: Basic laser physics and visible light laser surgery : Special surgical procedures. 1008-1016.
12. Blankenau, R.J., Kelsey, W.P., Powell, G. L.: Degree of composite resin polymerization with visible light and argon laser. *Am. J Dent.* 1991;40-42.
11. 김용기, 전상연: 가시광선과 아르곤 레이저에 의한 복합레진 중합효과의 비교 연구. *대한 소아치과 학회지* 1996;23(1),327-345.
12. Robert, L. Erickson and E.A. Glasspoole: Bonding to tooth structure: A comparison of glass ionomer and composite resin systems.
14. Nelson GV, Osborne JW, Gale EN et al. A three year clinical evaluation of composite resin and a high copper amalgam in posterior primary teeth. *J Dent Child* 1980;47:41-47.
15. Feilzer A, Degree A, Davidson C. Curing contraction of composites and glass ionomer cements. *J Prosth Dent* 1988;59:297-300.
16. Lennart Forsten. Fluoride release from a glass ionomer cement *Scand. J. Dent. Res.* 1977;85:503-504.
17. Clarkson BH, Wefel JS and Feagin FF. Fluoride distribution in enamel after vitro caries like lesion formation *J Dent Res* 1986;65:963-966.
18. 유정민, 김종수, 김용기: 레이저와 불소가 인공 우식 병소의 항균성 및 내산성에 미치는 영향에 관한 연구. 1997; Vol.24,405-421.
19. Terakado, M., Yamazaki, M., Kawashima, T.: Lipid peroxidation as a possible cause of benzoyl peroxide toxicity in rabbit dental pulp-A microsomal lipid peroxidation in vitro. *J. Dent. Res.* 1994;63:901.
20. Freeacane, J.L., Moser, J.B., greener, E.H.: Color stability of unfilled bis-GMA resins under UV exposure. *AADR Progr & Abstr.* 1983;62:453
21. Goodman, L., Gray, J.A., Goldman, B., Meyer, R.: Effect of laserbeam impacts on teeth. *J. Am. Dent. Assn.* 1965; 70:601-606.
22. J.D.B Featherstone and D.G.A. Nelson: Laser effect on dental hard tissues. *Adv. Dent Res* 1987;1(1):21-26.
23. Mcburney, E.I.: Clinical successful of the argon laser for the 1990s. *J Dermatol surg oncol.* 1993;358-362.
24. Stern, R.H., Sonmaes, R.F.: Laser beam effect on dental hard tissues: *J Dent Res.* 1984;43 (suppl. to No. 5), Abstract #307:440
25. 장기택, 이광수, 이상훈: 아르곤 레이저와 가시광선의 복합 레진 및 Glass ionomer 중합에 관한 연구. *대한 소아치과학회지.* 1996;23(1) 136-144.
26. 이미나, 이상훈, 김종철: 아르곤 레이저의 소아치과에서의 임상적 적용. *대한 소아치과학회지.* 1997; Vol 24(1),139-147.
27. 김순주: 탄산가스 레이저 조사가 법랑질의 내산성 변화에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대한 소아치과학회지.* 1985; 12(1) 9-20.
28. 민신희, 손동수: Nd-YAG 레이저 조사가 불화석 국소 도포에 미치는 효과에 관한 실험적 연구. *대한 소아치과 학회지.* 1987;4(1):159-171.
29. Hicks, M.J., Flaitz, C.M., Westerman, G.H., Blankenau, R.J., Powell, G.L. and Berg, J.H.: Caries-like lesion initiation and progression around laser-cured sealants. *Am. J Dent.* 1993; Vol 6 No.4, August, p176-179.
30. Hicks, M.J., Flaitz, C.M., Westerman, G.H., Berg, J.H., Blankenau, R.L., Powell, G.L.: Caries-like lesion initiation and progression in sound enamel following Argon laser irradiation: An in

- vivo study. *J. Dent. Child.* 1993;May-June, p201-206.
31. Gary H. Westerman, and J. Hicks: Argon laser irradiation in root surface caries *JADA*, 1994; Vol 1:25, April, 401-406.
 32. Oho, T. and Morioka, T.: A possible mechanism of acquired acid resistance of human dental enamel by laser irradiation. *Caries Res*, 1990;24, p86-92.
 33. Yamamoto, H. and Sato, K.: Prevention of dental caries by Nd: YAG laser irradiation. *J Dent Res*, December, 1980; vol, 59(DII), p2171-21771.
 34. D.G.A. Nelson, M. Shariati, R. Glena, C.P. Shields et al. *Caries Res*, 1986;20:289-299.
 35. 박영수, 김종수, 김용기: 가시 광선 레이저에 의한 중합된 레진 수복물 주변 법랑질의 항우식 효과에 관한 비교 연구. 대한 소아치과학회지. 1996;23(4) 840-856.
 36. Kelsey W.P. and Blankenau R.J., et al: Power and Time requirements for use of the argon laser to polymerize composite resins *J Clinical laser medicine and Surgery*, 1992; volume 10 No.4 273-278.
 37. Blankenau, R. and C. Brenneise: Argon laser vs visible light polymerization of glass ionomer restoratives. *J Den.* 1995; Res.74(AADR Abstracts) #1748.
 38. Sliney, D.H. and Mainster, M.A.: Potential laser hazards to the clinical during photocoagulation. *Am J Ophthal.* 1987;103: 758-760, June.
 39. Joost, Larsen, M. and Fejerkov, O.: Surface etching and subsurface demineralization of dental enamel induced by strong acid. *Scand. 1977; J. Dent. Res.* 85, 320-326.
 40. Featherstone, J.D.B., Holten, L., Thylstrup, A., Fredebo, L., Shariati, M.: Chemical and histological changes during development of artificial caries. *Caries Res*, 1985;19,1-10.
 41. Silverstone, L.M.: The surface zone in caries and in caries like lesions produced in vitro. *British dental journal*, 1968;145-157.
 42. Groeneveld, A. Purrell-Lewis, DJ, Arends.: Influence of the mineral content of enamel on caries like lesions produced in hydroxyethyl cellulose buffer solutions. *Caries Res*, 1975;9, 127-138.
 43. Darling, A.L.: Studies of the early lesion of enamel caries. *British Dent J*, 1958; Vol 105, No 4, 119-135.
 44. D.J. White : Use of synthetic polymer gels for artificial carious lesion preparation. *Caries Res*, 1987;21:228-242.
 45. Silverstone, L.M.: Observation on the dark zone is early enamel caries and artificial caries-like lesion. *Caries Res*, 1967;1:261-274.
 46. Launay, Y., Mordon, S., Cornil, A., Brunetaud, L.M., Moschetto, Y.: Thermal effects of lasers on dental tissues. *lasers Surg Med*, 1987;:7, p473-477.

EXPLANATION OF FIGURES

Fig. 3. Group I - lesion initiation

Typical subsurface carious lesion is observed. Intact surface show negative birefringence and lesion body shows positive birefringence; Imbibition in water, crossed polarizing light, $\times 100$

Fig. 4. Group I - lesion progression

Increase of lesion body when compared to lesion initiation
; Imbibition in water, crossed polarizing light, $\times 100$

Fig. 5. Group II - lesion initiation

Increase of lesion body when compared to lesion initiation of group I ; Imbibition in water, crossed polarizing light, $\times 100$.

Fig. 6. Group II - lesion progression

Increase of lesion body when compared to lesion initiation of group I ; Imbibition in water, crossed polarizing light, $\times 100$

Fig. 7. Group III - lesion initiation

Remarkable increase of lesion body when compared to lesion initiation of group I ; Imbibition in water, crossed polarizing light, $\times 100$

Fig. 8. Group III - lesion progression

Remarkable increase of lesion body when compared to lesion Initiation of group I ; Imbibition in water, crossed polarizing light, $\times 100$

Fig. 9. Group IV - lesion initiation

Extremely increase of lesion body when compared to lesion initiation of group I ; Imbibition in water, crossed polarizing light, $\times 100$

Fig. 10. Group IV - lesion progression

Extremely increase of lesion body when compared to lesion initiation of group I ; Imbibition in water, crossed polarizing light, $\times 100$

사진부도

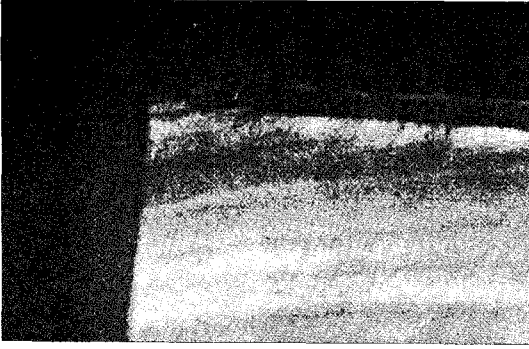


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

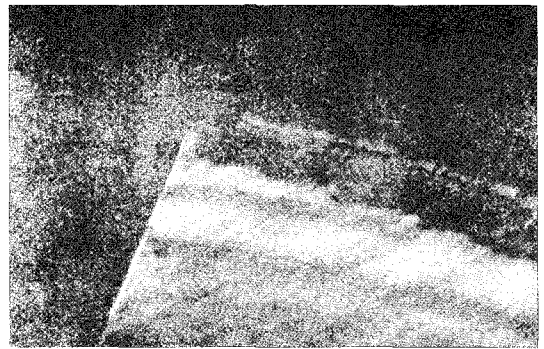


Fig. 6

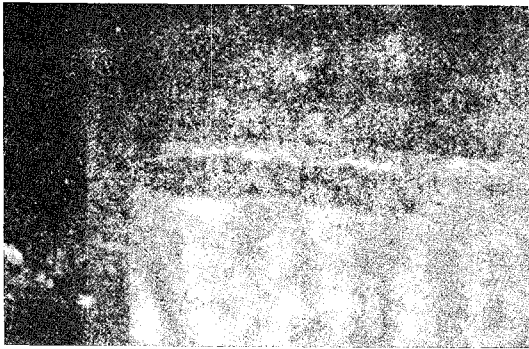


Fig. 7

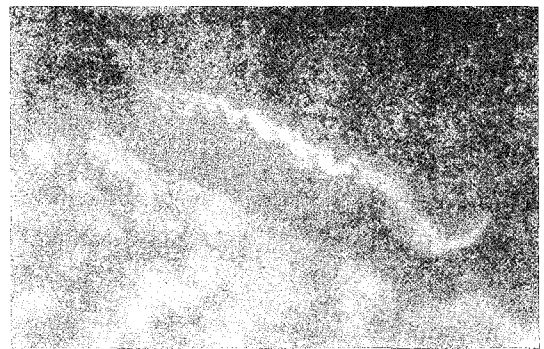


Fig. 8

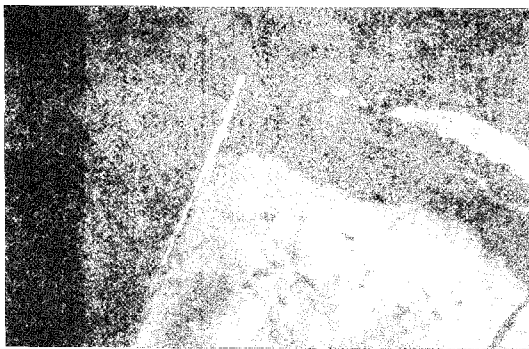


Fig. 9



Fig. 10